
Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

INDICE

1.-MEMORIA.....	3
1.1.-PLANTEAMIENTO.....	3
1.2.-ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	4
1.3.-TUBERIAS.....	8
1.4.-TRATAMIENTO DEL AGUA.....	10
1.5.-SEGURIDAD DEL SISTEMA DE PLANCHADO Y PROTECCION DEL USUARIO.....	15
1.6.-MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	15
2.-PLANOS.....	16
2.1.-ESQUEMATICOS CAPTURE.....	17
2.2.-PCB's LAYOUT.....	23
3.-PLIEGO DE CONDICIONES.....	28
3.1.-DISTRIBUCION DE COMPONENTES.....	28
3.2.-DEPOSITOS.....	29

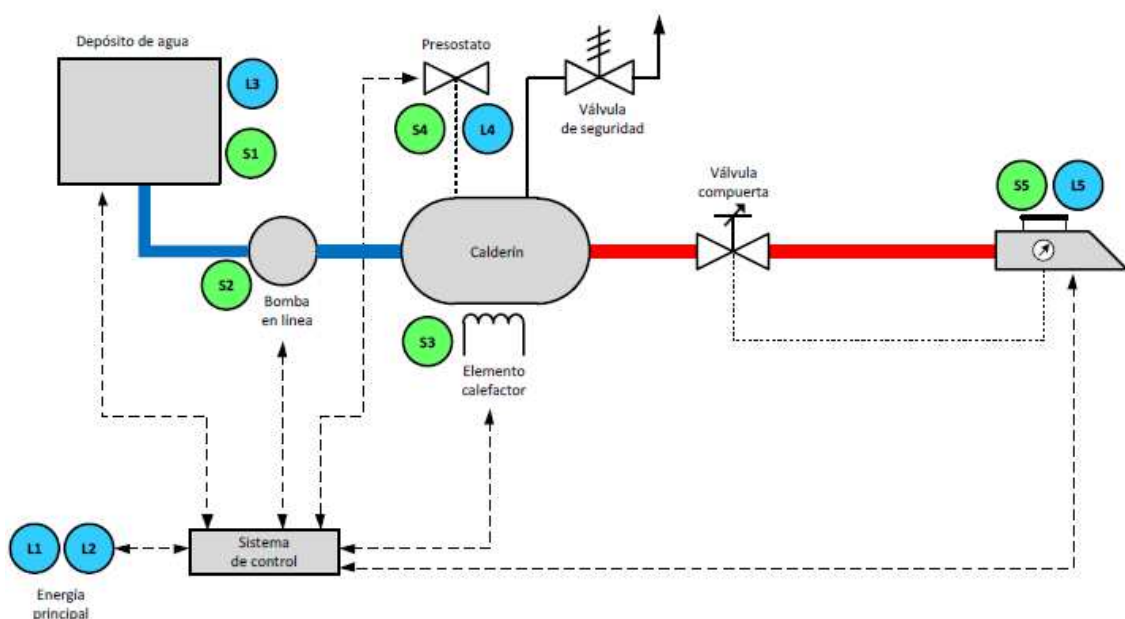
3.3.-ACTUADORES.....	32
3.4.-ELEMENTO DE PLANCHADO.....	34
3.5.-INDICADORES.....	35
3.6.-MICROCONTROLADOR PIC16F877.....	37
3.7.-PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR.....	38
3.8.- SIMULACION.....	52
4.-PRESUPUESTO.....	53
5.-BIBLIOGRAFIA.....	55

MEMORIA

1.- PLANTEAMIENTO.

En este proyecto se plantea una solución viable para el “Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial” en base a un esquema funcional facilitado por el Departamento de Tecnología Electrónica. Para el desarrollo del mismo se trataran bloque por bloque las distintas partes del sistema, así como los elementos que lo componen, la razón por la que se ha optado por dicha solución y, en algunos casos, una solución alternativa.

El esquema funcional es el siguiente:



Como se puede observar, este esquema propone el uso de una serie de sensores e indicadores. El uso de los mismos es opcional siempre y cuando la solución aportada cumpla con las especificaciones.

2.- ELEMENTOS DEL SISTEMA.

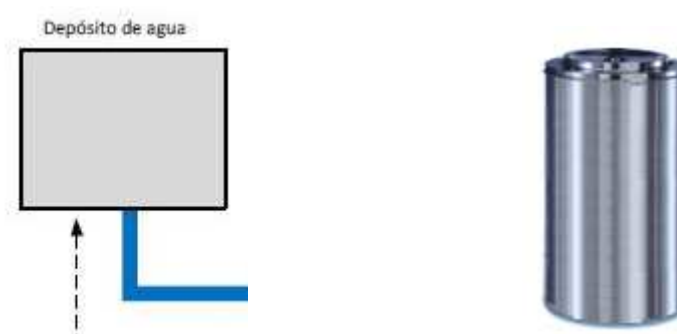
Como cualquier sistema, su fin último es que cumpla con las condiciones de diseño y sea capaz de llevar a cabo las tareas para las que ha sido diseñado.

Por ello hay que prestar especial atención a la selección de componentes y materiales a la hora de diseñarlo.

DEPOSITO DE AGUA

Tendrá una capacidad de cinco litros. Se podrá supervisar la existencia de agua en el mismo mediante un sensor sumergible de nivel, uno capacitivo, o uno de presión, de modo que una vez el nivel de agua se encuentre bajo mínimos, un indicador luminoso advertirá la necesidad de llenarlo.

Cabe destacar que el agua será sometida a varios tratamientos para garantizar su calidad.



BOMBA DE AGUA

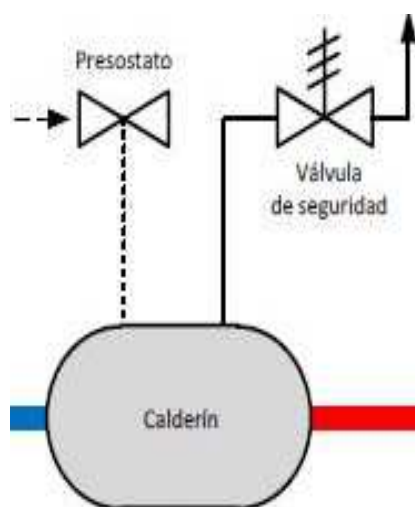
Será la encargada de suministrar el agua al calderín. Podría estar controlada por un temporizador, de forma manual ó mediante control automático. Se ha seleccionado una bomba Shurflo modelo 403 de 12V.



CALDERIN

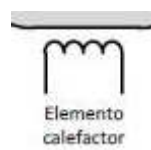
Tendrá un consumo máximo de 4Kw y una presión óptima tarada por el preostato de 3,5 bares. Si se alcanzan los 5 bares, una válvula de seguridad será la encargada de liberar vapor de agua para evitar posibles accidentes.

El agua será calentada en el interior de la caldera mediante una resistencia calefactora. La existencia de agua podría estar controlada por otro sensor de nivel, para el caso en el que la bomba de agua estuviese controlada automáticamente.



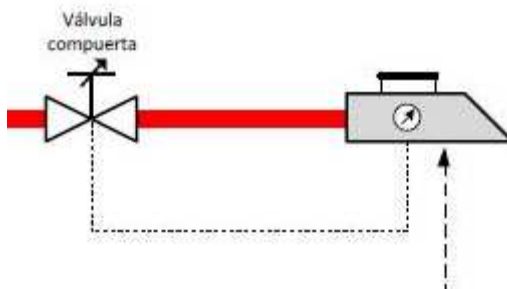
RESISTENCIA CALEFACTORA.

Su función será la de calentar el agua en el interior del calderín para obtener el vapor de agua. Estará controlada automáticamente en función de la presión y el nivel de agua en la caldera. Se ha seleccionado una pequeña resistencia calefactora de la serie RCE-016.



PLANCHA.

El vapor de agua generado en el calderín se encargará de alimentar el elemento de planchado. El flujo de vapor estará controlado por una válvula compuerta. El consumo máximo del elemento de planchado en contacto con el tejido será de 2Kw.



SENSORES.

- **De nivel:** serán los encargados de controlar el nivel de agua en el depósito y en el calderín. Se usarán interruptores de tipo boya.

- **De temperatura:** controlará la temperatura del elemento de planchado. El sensor elegido será el LM35.
- **De presión:** utilizados para comprobar la presión en el calderín. El elegido es un transmisor de 10 bares de la marca DRUCK.



INDICADORES.

Se emplearán diodos LED para indicar el estado de los diferentes elementos del sistema durante el proceso de planchado.

Además se dispondrá de una pantalla LCD de 4x20 para llevar un seguimiento del estado del nivel de agua en el depósito, la temperatura del elemento de planchado, la presión de la caldera y el estado de la resistencia calefactora (encendida/apagada). El LCD seleccionado en este proyecto es el LM044L.



SISTEMA DE CONTROL.

Para nuestro sistema se usará un microcontrolador PIC16F877 que será el encargado de controlar todos los procesos, desde la respuesta de los sensores hasta la programación del LCD.



3.- TUBERIAS.

Para la circulación del agua, se seleccionará el tipo de tubería en función de la presión hidrostática que tengan que soportar, es decir, a la presión máxima de trabajo a la que podrá soportar la tubería a una determinada temperatura.

Para la conexión entre depósito de agua y calderín se optará por el polietileno (PE), más concretamente del tipo PE100 empleado en conducción de agua no potable y saneamiento a presión en base a la norma UNE EN 13244.

Sus ventajas frente a otros tubos tradicionales:

- **Durabilidad**

Entre éstas, cabe citar como una de las más significativas su gran durabilidad: se considera vida útil del tubo de PE un periodo de 50 años como mínimo.

- **Toxicidad**

Además de su larga vida útil, los tubos de PE son totalmente insolubles, inodoros, insípidos, inertes y atóxicos. Estas características hacen del PE un material idóneo para la conducción de agua potable.

- **Resistencia**

El polietileno es resistente a la corrosión y a la mayor parte de los agentes químicos.

- **Baja pérdida de carga**

Debido a la superficie lisa de los tubos de PE, la pérdida de carga por rozamiento es casi nula con respecto a otros materiales.

- **Flexibilidad y elasticidad**

Significa una gran ventaja para las instalaciones de redes de conducción, dado que facilita los trazados más sinuosos. Así mismo, debido a su gran elasticidad y

flexibilidad, la resistencia al golpe de ariete de las tuberías de PE aumenta considerablemente respecto a otros materiales rígidos

- **Insensibles a la congelación**

La gran capacidad como aislante de los tubos de PE hace que los mismos tengan una gran resistencia a la congelación. En el caso de que el agua se hiele en el interior del tubo, el aumento del volumen no provocará la rotura del tubo debido a la flexibilidad del mismo.

- **Grandes longitudes**

La flexibilidad del tubo de PE hace posible la fabricación y suministro del mismo en grandes longitudes.

- **Fácil instalación**

Además del tendido convencional, y apertura de zanja, los tubos de PE pueden ser instalados por diversos sistemas, como son el arado topo, entubados (relining) en tubos ya existentes, instalación sin apertura de zanja, etc

- **Ausencia de sedimentos e incrustaciones**

Las paredes lisas del PE hacen imposible el depósito de algas u otro tipo de incrustaciones o adherencias. Ello significa que el tubo de PE mantiene constante durante años el diámetro interior del tubo

- **Ligeros**

El fácil manejo de los tubos PE, debido a su poco peso, supone una gran ventaja para la instalación en zonas difíciles.

Según el “Reglamento de Aparatos a Presión”, ITC-AP2, artículo 5, se utilizarán tuberías de acero u otro material adecuando en el caso de tuberías de vapor en calderas. En este caso para conducir el vapor del calderín a la plancha se usarán tuberías de poliuretano de alta temperatura.

Algunas de sus características son:

- muy buena resistencia al calor (mejor que el TPE y Neopreno comparables)
- altamente resistente a la abrasión (resistencia a la abrasión aprox. 2,5 - 5 veces mejor que la mayoría de los materiales de goma y aprox. 3 - 4 veces mejor que la mayoría de los PVCs blandos)
- interior liso

- técnicamente optimizada al flujo
- flexible con bajo peso
- resistencia incrementada a la presión y al vacío
- alta resistencia a la tracción y al desgarre
- buena resistencia a los productos químicos
- buena resistencia a los rayos UV y al ozono

4.- TRATAMIENTO DEL AGUA.

El uso industrial del agua lleva consigo problemas de incrustación, de corrosión y de contaminación biológica.

Los principales problemas debidos a las incrustaciones y demás depósitos son la reducción del diámetro de las tuberías, la disminución de la transferencia de calor, el origen de corrosiones localizadas y en general un aumento de los costes de mantenimiento de las instalaciones.

El agua en general procede de los ríos, lagos, pozos, y aguas lluvias. Por la misma índole de su procedencia no se puede evitar que ella arrastre y disuelva impurezas que la hacen inapta para el consumo humano y también industrial. Como el agua es un compuesto que contiene impurezas, para poder ocupar esta agua natural en la caldera debe someterse a diferentes procesos y de esta manera conseguir cumplir, como mínimo, con las siguientes condiciones:

- a).- Debe ser clara, con la turbidez menor a 10 ppm. Cuando esta turbidez es superior, debe ser sometida a filtración.
- b).- Debe estar totalmente exenta de dureza no carbónica.
- c).- La dureza total no debe exceder de 35 ppm.;
- d).- Debe estar prácticamente exenta de aceites.
- e).- Debe estar prácticamente exenta de oxígeno.
- f).- Debe contener un bajo contenido de sílice.

El objetivo principal de los tratamientos es reducir y evitar los principales problemas asociados a la generación de vapor. Para conseguir estos objetivos, el agua de aporte suele someterse a un tratamiento externo que reduzca la presencia de contaminantes a un nivel conveniente. Para contrarrestar el efecto de los contaminantes residuales, se añaden además los aditivos químicos apropiados.

PARAMETROS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera, son los siguientes:

- **pH:** el pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- **Dureza:** la dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera.
- **Oxígeno:** el oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.
- **Hierro y cobre:** el hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- **Dióxido de carbono:** el dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorecen la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno.

La corrosión en las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO₂ se disuelve en aguas (condensado), produciendo ácido carbónico. La corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.

- **Aceite:** el aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.
- **Fosfato:** el fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- **Sólidos disueltos y en suspensión:** impurezas disueltas y no disueltas en el agua.
- **Secuestradores de oxígeno:** corresponden a productos químicos (sulfitos, hidracina, hidroquinona, etc.) utilizados para remover el oxígeno residual del agua.
- **Sílice:** la sílice presente en el agua de alimentación puede formar incrustaciones duras (silicatos) o de muy baja conductividad térmica (silicatos de calcio y magnesio).
- **Alcalinidad:** representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación es importante, ya que, representa una fuente potencial de depósitos.
- **Conductividad:** permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua.

REQUERIMIENTOS DEL AGUA DE ALIMENTACION Y DE CALDERA

Sobre la base de las recomendaciones de la Norma Británica BS-2486, la ABMA (American Boiler Manufacturing Association) y el TÜV, se han preparado las siguientes tablas que muestran los requerimientos que deberán satisfacer el agua de alimentación y el agua de una caldera para prevenir incrustaciones y corrosión en calderas de baja presión (hasta 10 bar).

PARÁMETRO	VALOR REQUERIDO
Dureza total	< 2 ppm
Contenido de oxígeno	< 8 ppb
Dióxido de carbono	< 25 mg/l
Contenido total de hierro	< 0,05 mg/l
Contenido total de cobre	< 0,01 mg/l
Alcalinidad total	< 25 ppm
Contenido de aceite	< 1 mg/l
pH a 25 °C	8.5 – 9.5
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles.

Tabla n°1: Requerimientos agua alimentación calderas vapor según BS 2486.

PARÁMETRO	VALOR RECOMENDADO
pH a 25 °C	10.5 - 11,8
Alcalinidad Total CaCO ₃	< 700 ppm
Alcalinidad Cáustica	> 350 ppm
Secuestrantes de Oxígeno:	
❑ Sulfito de Sodio	30 – 70 ppm
❑ Hidrazina	0.1 – 10 ppm
❑ Taninos	120 – 180 ppm
❑ Dietilhidroxilamina	0.1 – 1.0 ppm (en agua alimentación)
Fosfato Na ₃ PO ₄	30 - 60 mg/l
Hierro	< 3.0 ppm
Sílice	150 ppm
Sólidos disueltos	< 3500 ppm
Sólidos en suspensión	< 200 ppm
Conductividad	< 7000 uS/cm
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles.

Tabla n°2: Requerimientos agua caldera según BS 2486.

EQUIPOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

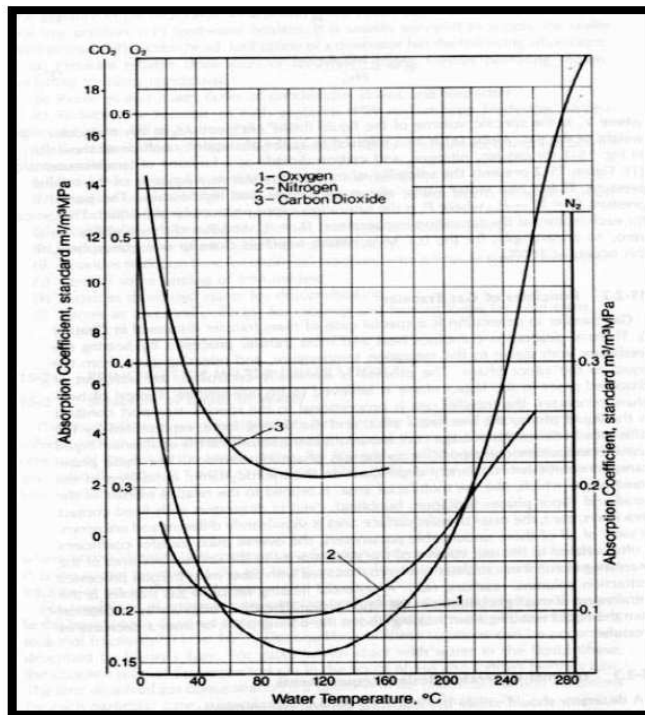
En el tratamiento de agua intervienen ablandadores, bombas dosificadoras y un desgasificador con su respectivo estanque de almacenamiento de agua.

Los **ablandadores** se encargan de eliminar los iones de Ca y Mg, que conforman la dureza del agua y favorecen la formación de incrustaciones en una caldera.

El principio de funcionamiento de estos equipos se basa en un proceso llamado “intercambio iónico”, que consiste en la sustitución de estos iones por sodio (Na) para obtener agua para ser utilizada en calderas. Están compuestos por resinas, que poseen una capacidad de intercambio de iones de calcio y magnesio por sodio.

Los **desgasificadores** tienen como función principal el eliminar el oxígeno y dióxido de carbono disuelto en el agua de alimentación de las calderas para prevenir los problemas de corrosión.

El principio de funcionamiento de los desgasificadores se basa en el hecho de que la solubilidad de los gases disueltos en el agua (O_2 y CO_2) disminuyen cuando el agua está a punto de ebullición ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a presión atmosférica), tal como se muestra a continuación:



Solubilidad del oxígeno en función de la temperatura del agua.

Las **purgas automáticas** como su mismo nombre indica permiten realizar de forma automática la purga del fondo de la caldera (purgas de fondo) y permiten mantener de forma automática los ciclos de concentración requeridos por la caldera (purgas de superficie).

5.- SEGURIDAD DEL SISTEMA DE PLANCHADO Y PROTECCION DEL USUARIO.

Tratándose de un proceso en el que se genera vapor, encontraremos elementos sometidos a altas temperaturas y presiones por lo que se ha de prestar especial atención a las medidas de seguridad.

Al diseñar el sistema se han seleccionado materiales de gran calidad y resistencia. También se emplean un buen número de sensores para controlar todos los bloques del sistema a través de los indicadores luminosos y la pantalla LCD que nos permite supervisar en tiempo real el estado de las distintas variables a controlar.

Entre los sensores utilizados, cabe destacar el de presión en el interior del calderín con el fin de controlarla. Contaremos también con una válvula de seguridad de alivio de presión que evacuará vapor del calderín si la presión en el interior supera los 5 bares.

Además tanto los depósitos como las tuberías estarán aislados térmicamente para evitar posibles quemaduras por contacto, y las partes eléctricas no estarán al alcance del usuario a excepción del botón de puesta en marcha del sistema.

Por último, la presión del calderín que llega al elemento de planchado estará regulada desde la plancha por una válvula de compuerta a fin de evitar posibles accidentes que puedan dañar al usuario.

6.- MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.

El tratamiento del agua es importante para mantener las características funcionales del sistema pero no es suficiente. El sistema deberá ser sometido a revisiones periódicas de las cuales se llevará un registro de operaciones realizadas. Estas revisiones deberán ser realizadas por personal especializado, y supervisadas por un empleado con conocimientos sobre el funcionamiento del sistema.

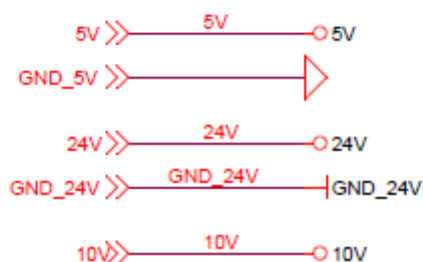
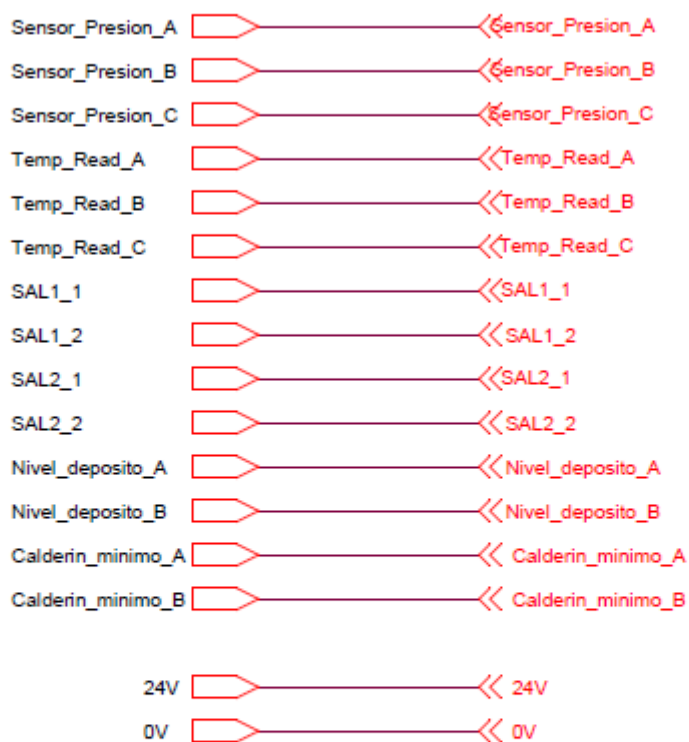
PLANOS

ESQUEMATICOS

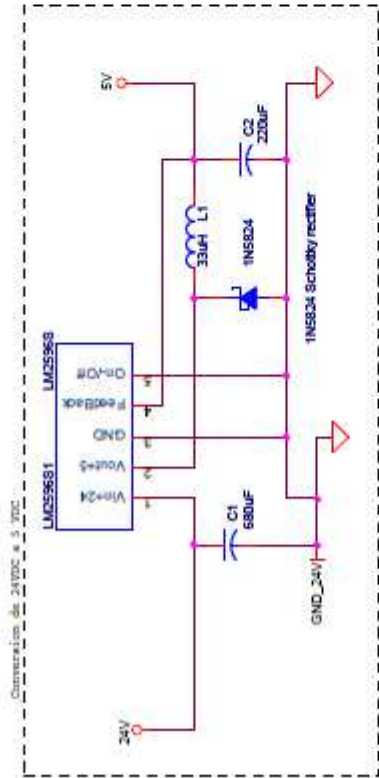
Etapa de conexionado Etapa de microcontrolador, adaptación de señal y alimentación.



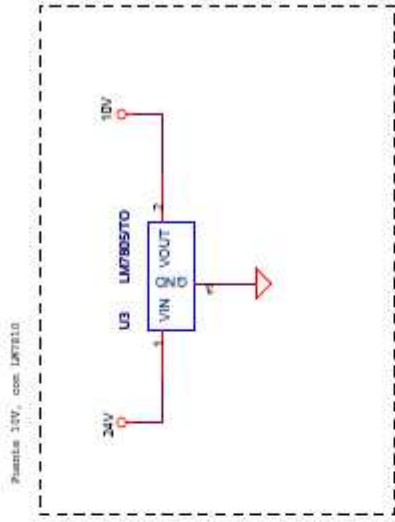
Conexión etapa de conectores con microcontrolador y adaptacion de señal

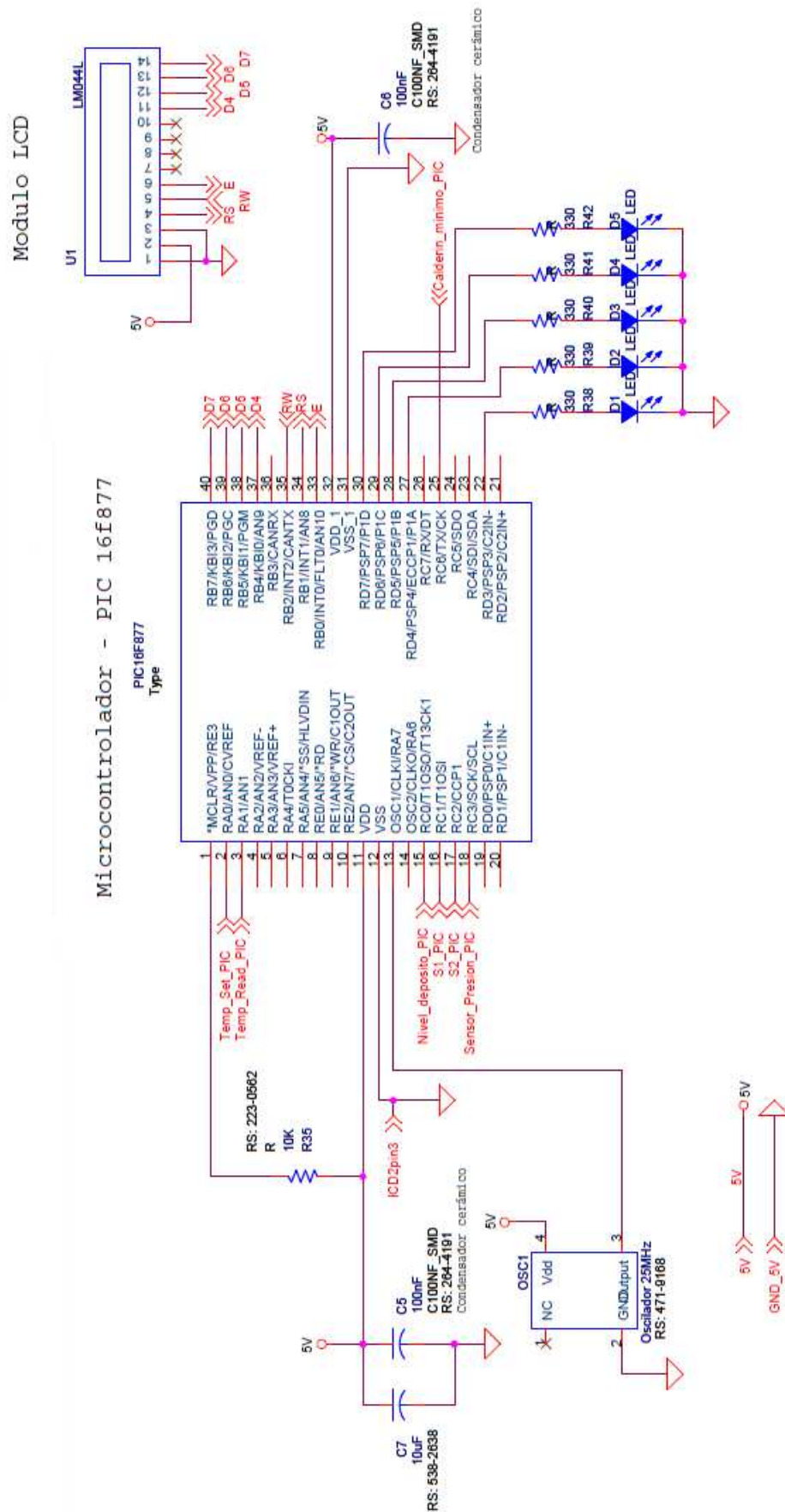


Fuente 24DC/5DC basada en LM2596S 5.0

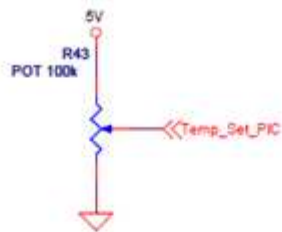


LM7810 - Para alimentación de sensores de presión

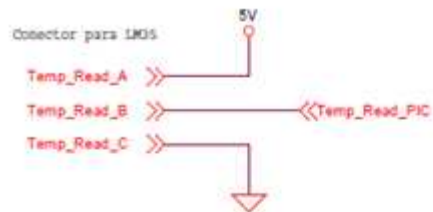




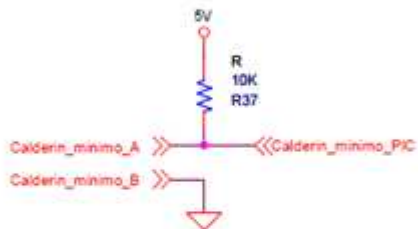
Consigna - Temperatura



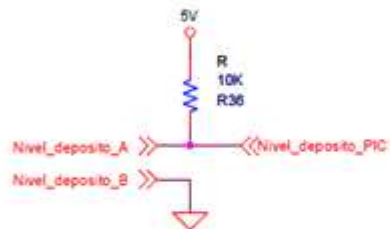
Sensor Temperatura - Lectura



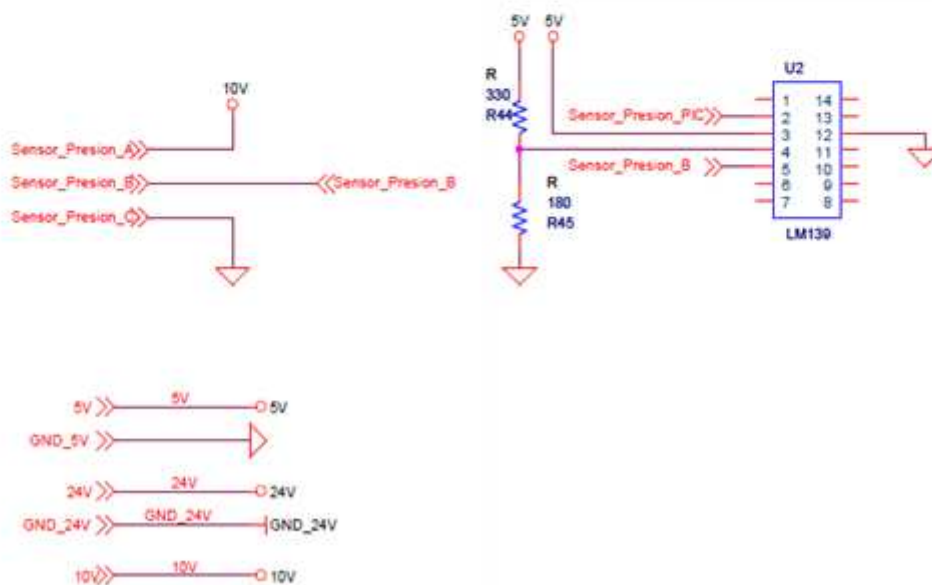
Nivel de calderin



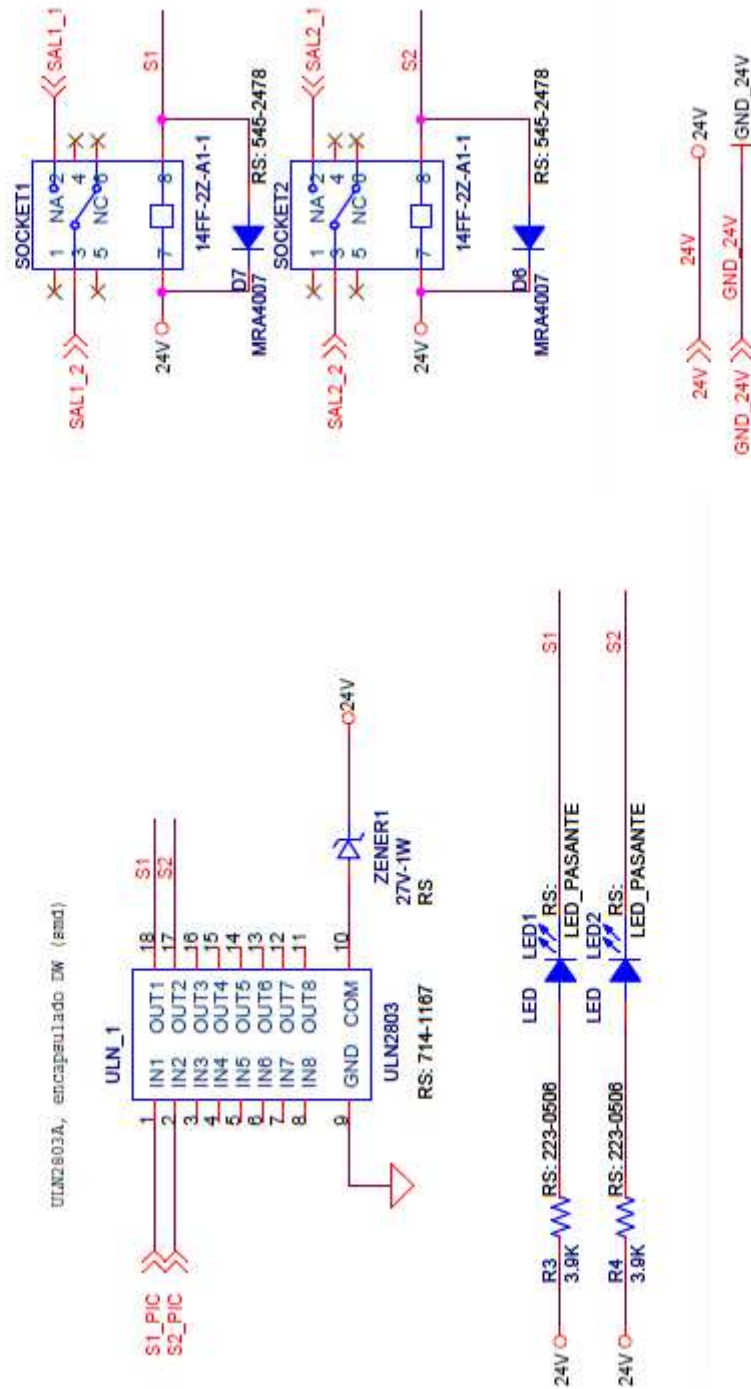
Nivel deposito agua



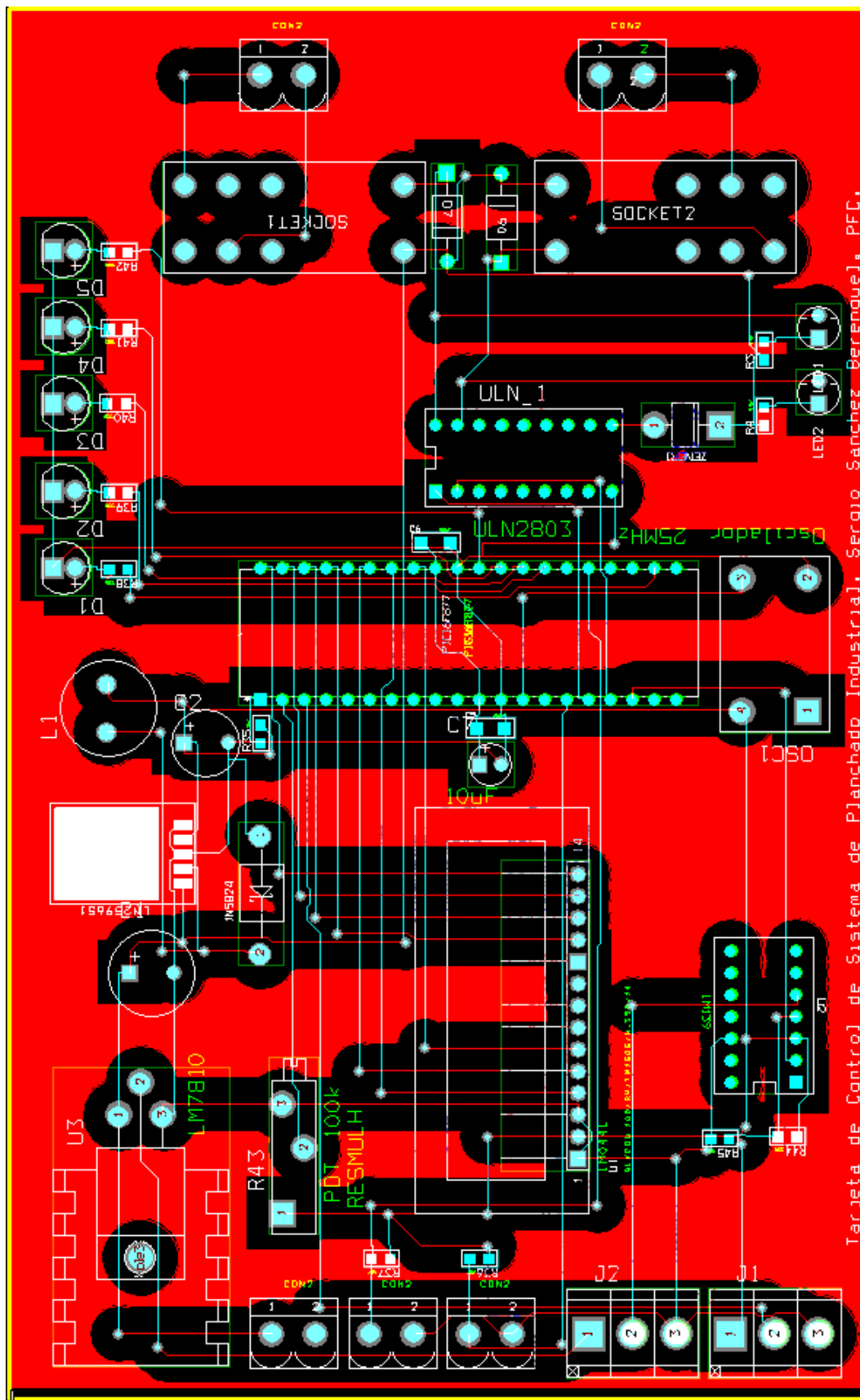
Sensor de presion



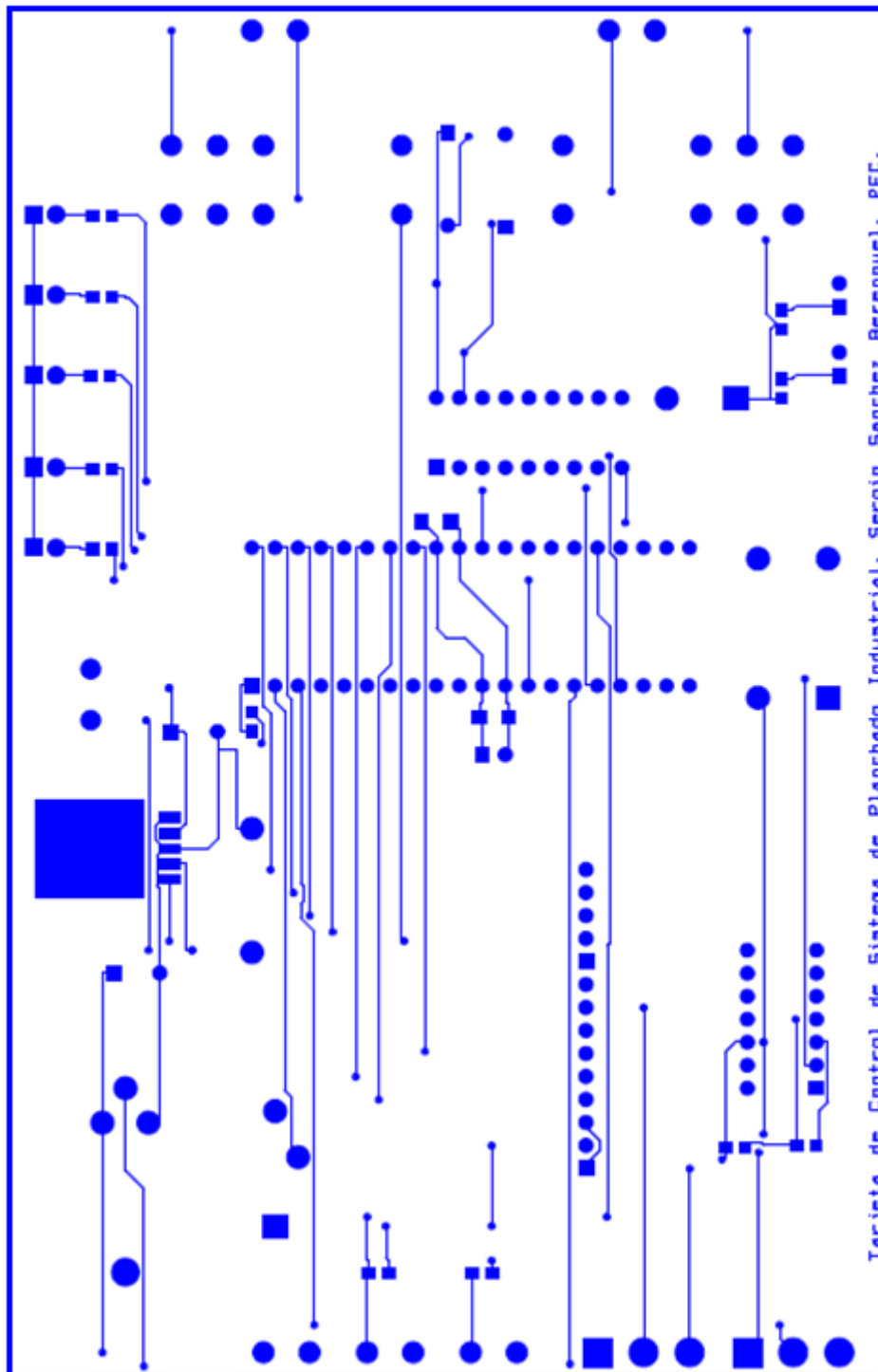
Potencia - Manejo de bomba y Resistencia Calefactora



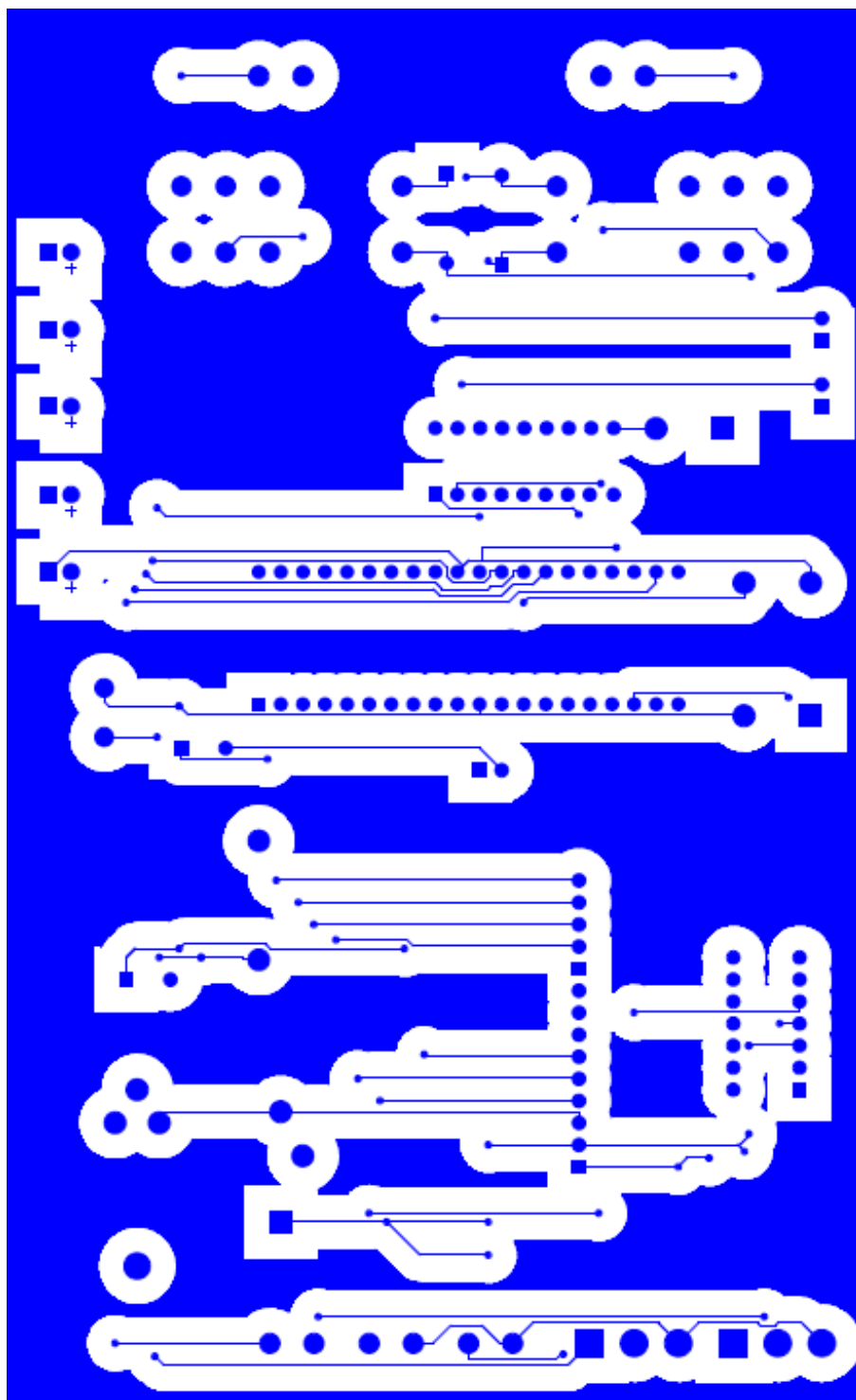
PCB



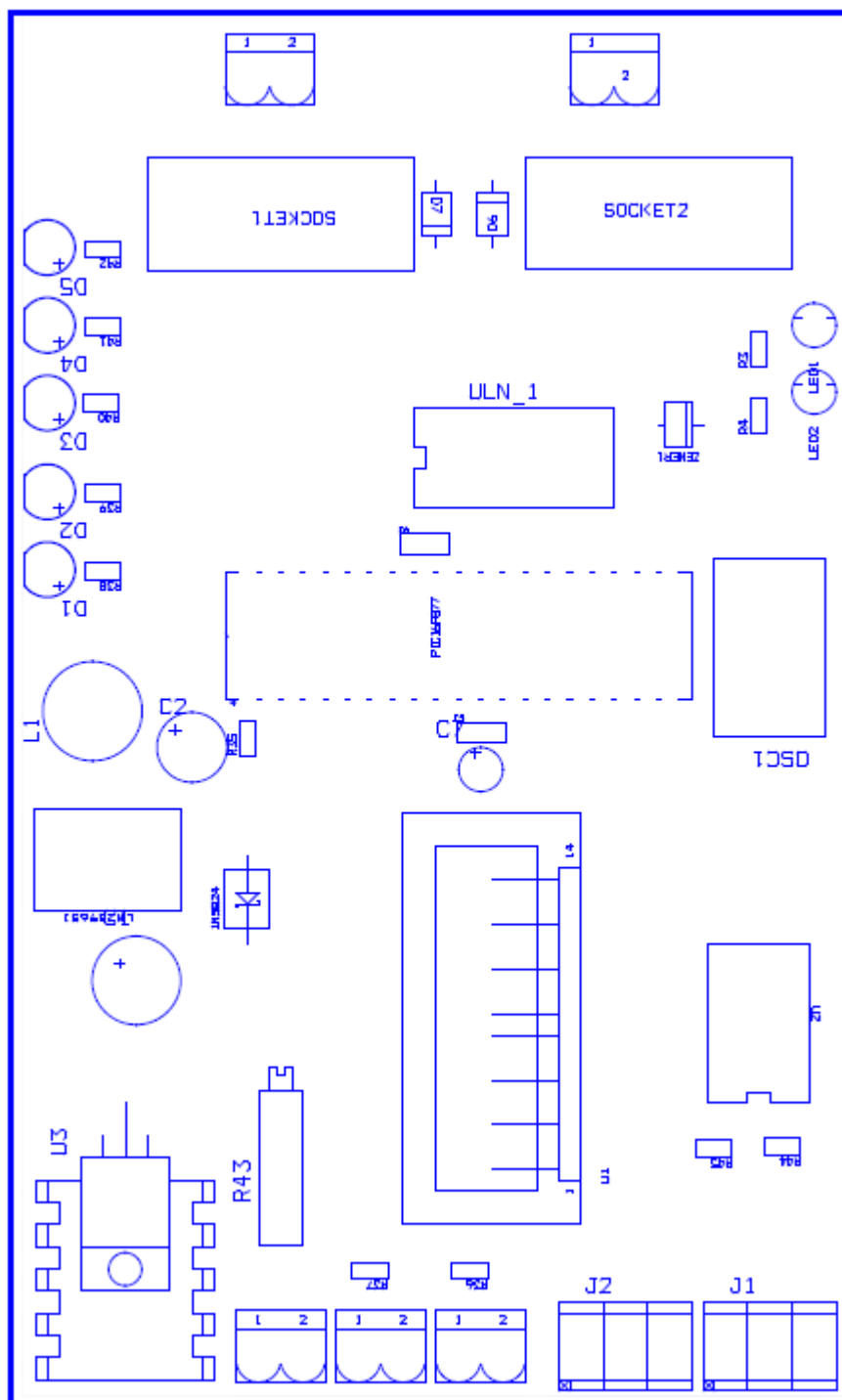
TOP LAYER



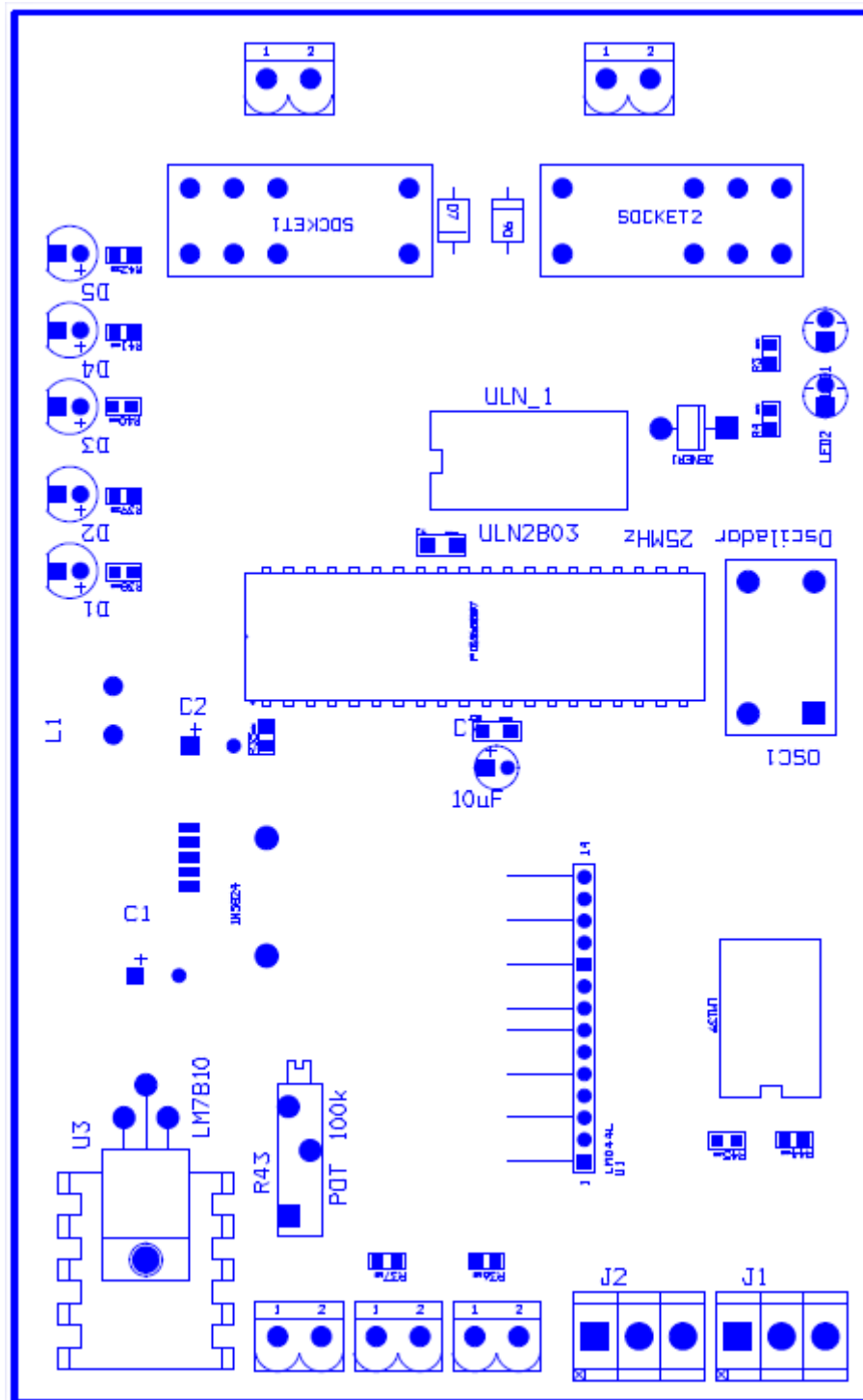
BOTTOM LAYER



SILKSCREEN TOP

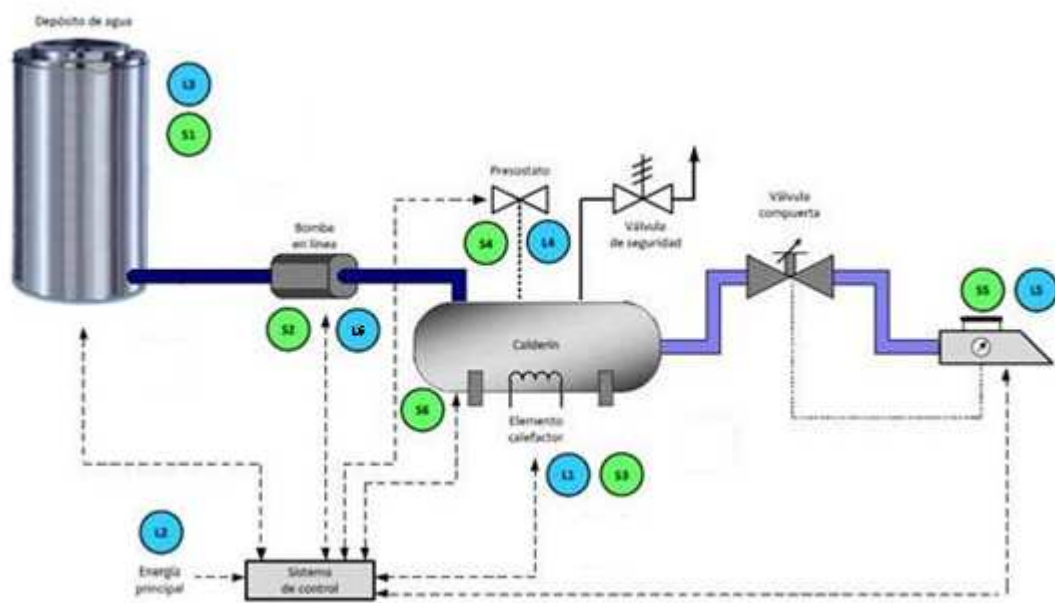


ASSEMBLY TOP



PLIEGO DE CONDICIONES

1.- DISTRIBUCION DE COMPONENTES.



Donde S serán los siguientes sensores:

- S1: sensor de nivel de existencia de agua en el depósito.
- S2: detector de funcionamiento de la bomba.
- S3: detector de funcionamiento de la resistencia calefactora.
- S4: sensor de presión de la caldera.
- S5: sensor de temperatura de la plancha (placa en contacto con el tejido).
- S6: sensor de nivel de existencia de agua en el calderín.

Y L los indicadores:

- L1: indicador de activación del elemento calefactor.
- L2: indicador de activación del sistema.
- L3: indicador de falta de agua en el deposito
- L4: indicador de presión alcanzada en el calderín.
- L5: indicador de temperatura alcanzada en la plancha
- L6: indicador de activación de la bomba.

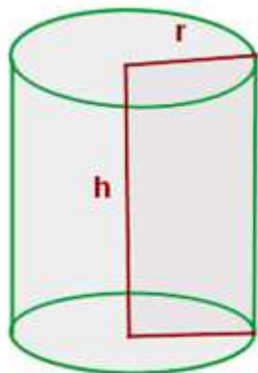
2.- DEPÓSITOS.

2.1.- DISEÑO DE LOS DEPÓSITOS.

Tendrán una capacidad de cinco litros y serán de acero inoxidable y de forma cilíndrica. Por comodidad y reducción de costes, recurriremos a diseñarlo.

Sabiendo que 1 litro equivale a 1000 cm^3 , nuestro depósito tendrá una capacidad de 5000 cm^3 .

Para calcular las dimensiones del depósito usaremos la fórmula del volumen para un cilindro. Este diseño nos valdrá tanto para el calderín como para el deposito de agua.



$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Si fijamos un valor para el radio $r = 8 \text{ cm}$

$$h = \frac{V}{\pi \cdot r^2} = \frac{5000}{\pi \cdot 8^2} \approx 25 \text{ cm}$$

Además tanto el calderín como el depósito de agua estarán aislados con lana de vidrio en forma de tapete compacto, soportado sobre papel foil de aluminio reforzado

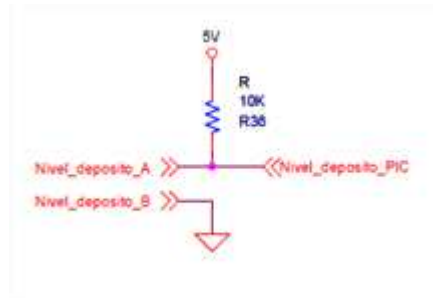
con malla de fibra de vidrio y papel kraft, a fin de evitar posibles accidentes por contacto con la superficie del depósito al encontrarse este a altas temperaturas.

2.2.- CONTROL DE LA EXISTENCIA DE AGUA EN LOS DEPÓSITOS.

Para controlar que en ningún momento el deposito quede sin agua, ya se trate del deposito de agua o del calderín, se ha recurrido a un sensor de nivel, más concretamente a un interruptor de tipo boya horizontal modelo LCS-01 de Gentech que nos permitirá saber cuando el nivel de agua en el depósito se encuentre por debajo de un mínimo.

Según la ITC MIE-AP1 del reglamento de “Aparatos a Presión”, artículo 15, apartado 4, el nivel mínimo permitido para colocar nuestro sensor será de 70mm desde el fondo del depósito. De modo que una vez se detecte la falta de agua, tendremos un margen de tiempo para llenar de nuevo el depósito.

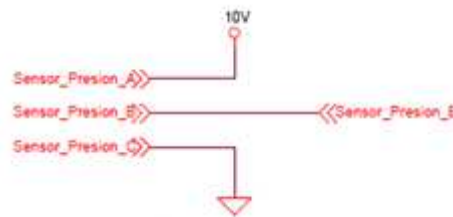
2.3.- ESQUEMA Y FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE NIVEL.



Alimentamos el sensor con 5 voltios, que es el valor de tensión que necesitaremos para introducir un 1 lógico por la entrada del PIC (Nivel_deposito_PIC). Los terminales de la boya estarán conectados a Nivel_deposito_A y Nivel_deposito_B de modo que cuando el depósito este lleno, la boya estará levantada y los terminales A y B estarán en corto. Si el depósito baja del nivel mínimo, los terminales de la boya quedarán en circuito abierto. Cuando el depósito este por debajo del mínimo, un diodo led indicará la falta de agua.

2.4.- CONTROL DE PRESION EN EL CALDERIN.

Para controlar la presión en el interior de la caldera, de modo que se encuentre dentro de un margen de valores de funcionamiento concreto, se usará un sensor de presión de la casa DRUCK de 10 bares que nos proporcionará una tensión de 0 a 5 voltios.



El sensor tendrá tres terminales: alimentación, masa y salida. Como se puede observar, está alimentado a 10 voltios, y la tensión de salida (Sensor_Presion_B) irá a un comparador.

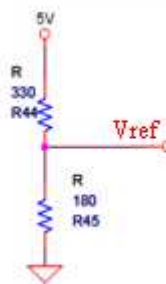
Para nuestro proyecto en el que la presión óptima es de 3,5 bares y aplicando una regla de tres, se comparará la tensión proporcionada por el sensor con una tensión de referencia de 1,75 voltios.

$$10\text{bares} \rightarrow 5V$$

$$3,5\text{bares} \rightarrow X$$

$$x = \frac{5 \cdot 3,5}{10} = 1,75V$$

Para llevar esta tensión a la entrada del comparador, se usará un divisor de tensión. Se fijará un valor de $R_1 = 180\Omega$ y obtendremos el valor de R_2 .



$$V_{ref} = V_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \rightarrow R_2 \approx 330\Omega$$

De este modo, cuando la presión en la caldera alcance los 3,5 bares, el comparador dará una salida de 5 voltios que generará un 1 lógico a la entrada del PIC, que acto seguido, indicara que la presión es adecuada encendiendo un indicador LED. Mientras la tensión del sensor no supere la tensión de referencia, el comparador dará 0 voltios a la salida.

Hasta el momento tenemos controlada la presión hasta los 3,5 bares, y no habrá problema mientras no supere los 5 bares de limitación. Si llegase a alcanzar esta presión, entraría en acción una válvula de seguridad de alivio de presión por lo que no habría de que preocuparse.

3.- ACTUADORES. BOMBA DE AGUA Y RESISTENCIA CALEFACTORA.

3.1.-BOMBA DE AGUA. FUNCIONAMIENTO.

Su función es la de bombear el agua desde el depósito al calderín. Estará controlada por el PIC por lo que su funcionamiento será automático y estará condicionado por dos variables, ambas los niveles de agua en los depósitos. La bomba seleccionada es una Shurflo, modelo 403 de 12 voltios.

Se pueden dar los siguientes casos:

- a) Que haya agua en el depósito y en el calderín.
- b) Que haya agua en el depósito y el calderín esté bajo mínimo.
- c) Que no haya agua en el deposito pero si en el calderín.
- d) Que ambos depósitos no tengan agua.

Tan solo en el estado b) la bomba entrará en funcionamiento, el cuál se podrá supervisar mediante el encendido de un LED. En el caso de pasar a otro estado, la bomba continuará funcionando unos instantes antes de pararse, pudiendo aprovechar así

el agua restante en el depósito por debajo del nivel al que se encuentre instalado el sensor de boya.

3.2.-RESISTENCIA CALEFACTORA. FUNCIONAMIENTO.

Su función es la de calentar el agua del calderín para producir vapor de agua, Se ha optado por una pequeña resistencia calefactora serie RCE 016 de Stego. Su activación vendrá condicionada por la presión del calderín y la existencia o no de agua en la caldera.

Al igual que en la bomba, se pueden dar los siguientes casos:

- a) Se alcancen los 3,5 bares y haya agua en el calderín.
- b) Se alcancen los 3,5 bares y no haya agua en el calderín.
- c) Presión baja y haya agua en el calderín.
- d) Presión baja y no haya agua en el calderín.

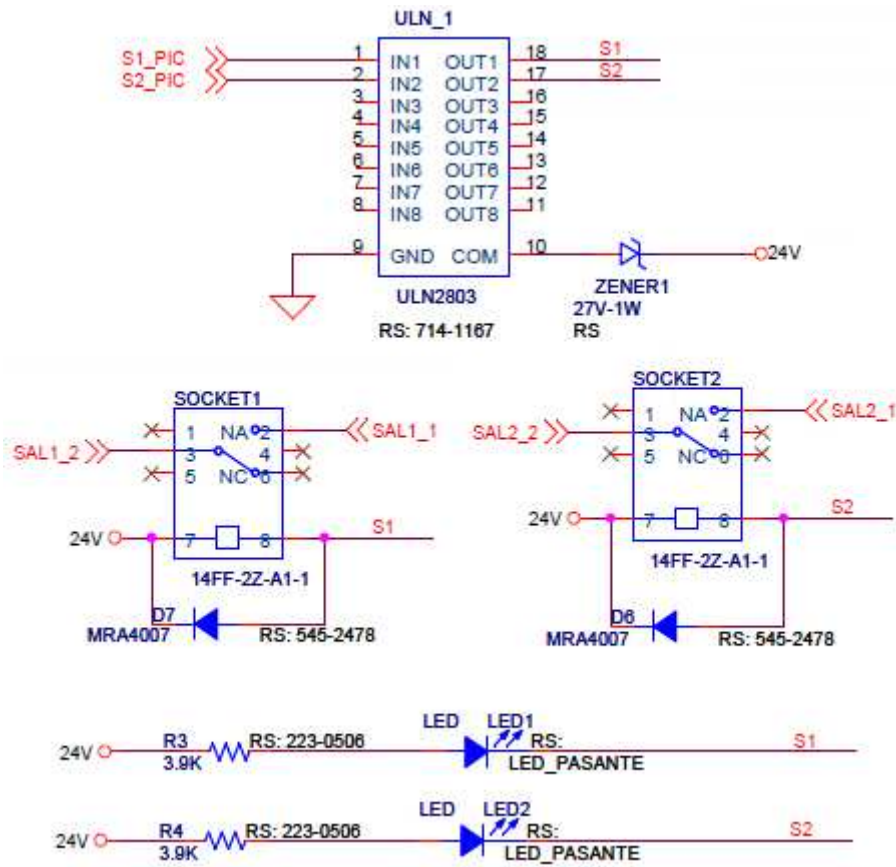
Siempre y cuando la presión este por encima de los 3,5 bares, la resistencia calefactora permanecerá apagada. Si se diese el caso c) la resistencia comenzaría a calentar, y si por alguna razón el calderín quedase sin agua (caso d) la resistencia calefactora permanecería activa unos instantes antes de dejar de calentar.

En el caso de la resistencia calefactora también podremos saber cuando esta en funcionamiento ya que habrá un LED que lo indique

3.3.-FALLOS EN EL FUNCIONAMIENTO.

En la programación del microcontrolador se han considerado los posibles fallos por parte tanto en la bomba como de la resistencia calefactora. Si por alguna razón dejaran de funcionar mientras debieran, se testearía su funcionamiento tres veces antes de mostrar por pantalla en el LCD los mensajes “bomba averiada” ó “calefactor averiado” según procediese.

2.2.- CIRCUITO DE CONTROL.



El PIC se encargaría de la puesta en marcha de la bomba y de la resistencia calefactora. El ULN2803 se usa como interfaz entre las salidas del PIC y los relés sólidos ya que estos dispositivos necesitan una corriente más elevada para funcionar. La conmutación del relé supondrá la activación de la bomba o del calefactor y como ya se ha mencionado, se verá reflejado en el encendido de un LED.

4.- ELEMENTO DE PLANCHADO.

4.1.-PLANCHA.

El objetivo de diseño del sistema en este proyecto tenía como fin el conseguir un flujo de vapor variable en la plancha para poder planchar de forma eficiente y segura.

Lo que se pretende es controlar la temperatura de la plancha para poder trabajar adecuadamente con ella. Para el control de la temperatura se ha empleado un LM35, que proporcionará un incremento de 10mV/°C.

4.2.- ELEMENTO DE PLANCHADO. FUNCIONAMIENTO.

Por un lado, mediante el termostato de la plancha podremos seleccionar una consigna o temperatura de referencia a la que se pretenda calentar la plancha. Como se puede observar, será un simple potenciómetro que podrá ser simulado para verificar el correcto funcionamiento del sensor de temperatura.

Por otro lado está el LM35, que dará valores de tensión en función de la temperatura.

Ambas salidas irán a las entradas analógicas AN0 y AN1 del PIC el cual hará de comparador, iluminando un LED en el caso en el que la temperatura leída por el sensor alcance a la de referencia.



El flujo de vapor estará regulado por una válvula de compuerta, que será controlada por la plancha.

5.- INDICADORES.

5.1.-LEDs.

Se utilizarán diversos LEDs para indicar estados sobre el funcionamiento del sistema.

- La puesta en marcha del sistema vendrá indicada por el encendido de un LED de color amarillo.
- El funcionamiento de la bomba y de la resistencia calefactora estará indicado mediante el encendido de LEDs azules.
- Cuando se alcance la presión adecuada en el calderín o la temperatura de referencia en la plancha, se encenderá un LED verde en cada caso.
- La falta de agua en el depósito se indicará mediante el encendido de un LED rojo.

5.2.-PANTALLA LCD.

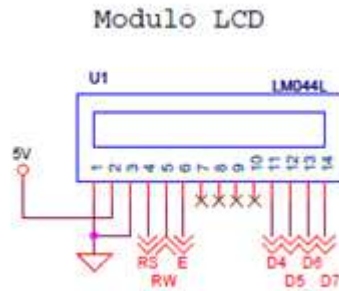
La pantalla LCD empleada será la LM044L de 4x20 (4 líneas y 20 caracteres por línea).

Su función será la de mostrar en tiempo real el estado de 4 procesos distintos:

- Nivel de agua en el depósito.
- Temperatura de la plancha.
- Presión del calderín.
- Estado de la resistencia calefactora.

El LCD estará controlado por el PIC, y mostrará los siguientes mensajes en función del estado de cada proceso. Los mensajes son:

- Línea 1: “NIVEL AGUA : OK” ó “NIVEL AGUA : FALTA”.
- Línea 2: “TEMP PLANCHA : OK” ó “TEMP PLANCHA : FRIA”.
- Línea 3: “PRESION : OK” ó “PRESION : BAJA”.
- Línea 4: “CALEFACTOR : ON” ó “CALEFACTOR : OFF”.



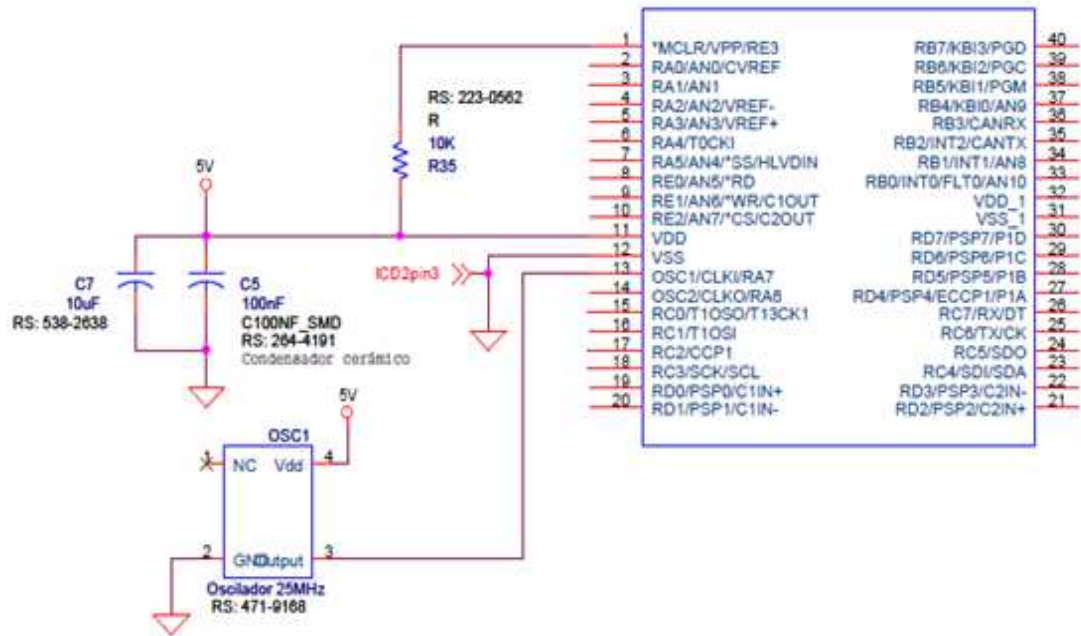
6.- MICROCONTROLADOR PIC16F877.

Este microcontrolador es fabricado por MicroChip familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877 posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y practico para ser empleado en la aplicación que posteorimente será detallada.

Algunas de estas características se muestran a continuación:

- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Amplia memoria para datos y programa.
- Memoria reprogramable: La memoria en este PIC es la que se denomina “flash”. Este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).
- Set de instrucciones reducido (tipo RISC), pero con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

El oscilador seleccionado es de 25MHz, tecnología TTL, Este tipo de oscilador está basado en un Cristal que contiene toda la circuitería para generar una onda cuadrada. Este ha de ser conectado como si de un generador de señal externa se tratase. Al incluir toda la circuitería representa la forma más práctica por la cantidad de conexiones y por la precisión en la señal de reloj emitida.



7.- PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR.

```
#include <16f877A.h>
#DEVICE ADC=8
#use delay(clock=4000000)
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "LCD420.C"
#FUSES XT,NOWDT,NOPROTECT
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)// RS232 Estándar

#define ON 1
#define OFF 0
```

/** NEMOTECNICOS PARA TESTAR AVERIAS EN EL BUCLE PRINCIPAL **/

```
#define SIN_AVERIA      0
#define BOMBA_AVERIADA  1
#define CALEFACTOR_AVERIADO 1
```

/** VARIABLES PARAMETRIZABLES **/

```
#define TIEMPO_BOMBEO_AGUA_CALDERIN 100
#define NUMERO_REINTENTOS_FALLO     3
```

/** DIRECCION FISICA DE LOS PUERTOS I/O **/

```
#byte porta=0x05
#byte portc=0x07
#byte portd=0x08
#byte porte=0x09
```

/** DEFINICION DE SALIDAS DEL SISTEMA **/

// BITS DE ACTIVACION DE CARGAS

```
#bit ACTIVACION_BOMBA=portd.0
#bit ACTIVACION_CALEFACTOR=portd.1
```

// BITS DE ACTIVACION DE ALARMAS

```
#bit LED_SISTEMA_ACTIVO=portd.3  //(L2)
#bit LED_CALEFACTOR_ON=portd.4   //(L1)
#bit LED_DEPOSITO_OK=portd.5     //(L3)
#bit LED_PRESION_OK=portd.6      //(L4)
#bit LED_TEMPERATURA=portd.7     //(L5)
```

/** DEFINICION DE ENTRADAS DEL SISTEMA **/

// BITS DE ENTRADAS DE SENSORES

```
#bit SENSOR_NIVEL_AGUA_DEPOSITO=portc.0  //(S1)
#bit SENSOR_BOMBA_ACTIVA=portc.1         //(S2)
```

```
#bit SENSOR_CALEFACTOR_ACTIVO=portc.2    //(S3)
#bit SENSOR_PRESION=portc.3              //(S4)
#bit SENSOR_CALDERIN_NIVEL_MINIMO=portc.5  //(S6)

//***** MENSAJES DEL DISPLAY *****/
char NIVEL_AGUA_OK[] =    "NIVEL AGUA : OK  ";
char NIVEL_AGUA_FALTA[] = "NIVEL AGUA : FALTA";
char PLANCHA_OK[] =      "TEMP PLANCHA : OK  ";
char PLANCHA_FRIA[] =    "TEMP PLANCHA : FRIA";
char PRESION_OK[] =      "PRESION : OK  ";

char PRESION_BAJA[] =    "PRESION : BAJA";
char CALEFACTOR_ON[] =   "CALEFACTOR : ON ";
char CALEFACTOR_OFF[] =  "CALEFACTOR : OFF";
char ERROR_BOMBA[] =     "BOMBA AVERIADA";
char ERROR_CALEFACTOR[] = "CALEFACTOR AVERIADO";

//***** VARIABLES DEL CANAL AD *****/
int8 TEMPERATURA_FIJADA=0;
int8 TEMPERATURA_LEIDA=0;    //(S5)

//***** VARIABLE DE TEMPORIZACION *****/
volatile int32 tiempo_global=0;

////////// INTERRUPCION EXTERNA //////////
#INT_RTCC
void tiempo(){
    tiempo_global++;
}

void inicializa(void);
int8 GrafcetBomba(void);
void ProcesosIndependientes(void);
int8 GrafcetPresionCalderin(void);
```



```
void lcd_puts(char *texto);  
void GrafcetLecturaAD(void);
```

```
////////// PROGRAMA MAIN() //////////
```

```
void main(){  
    static int8 Fallo_Bomba,Fallo_Calefactor;  
    inicializa();  
  
    do{  
        Fallo_Bomba = GrafcetBomba();  
        Fallo_Calefactor = GrafcetPresionCalderin();  
        GrafcetLecturaAD();  
        ProcesosIndependientes();  
    }while(!Fallo_Bomba && !Fallo_Calefactor);
```

```
    lcd_putc("\f");
```

```
    if(Fallo_Bomba){  
        lcd_gotoxy(3,2);  
        lcd_puts(ERROR_BOMBA);  
    }
```

```
    if(Fallo_Calefactor){  
        lcd_gotoxy(1,2);  
        lcd_puts(ERROR_CALEFACTOR);  
    }
```

```
    ACTIVACION_BOMBA=OFF;  
    ACTIVACION_CALEFACTOR=OFF;  
    LED_SISTEMA_ACTIVO=ON;  
    LED_CALEFACTOR_ON=OFF;
```

```
    LED_DEPOSITO_OK=OFF;  
    LED_PRESION_OK=OFF;
```

```
LED_TEMPERATURA=OFF;

while(TRUE);

}

int8 GrafcetBomba(void){

static int32 tiempo_local=0;
static int8 Numero_intentos_bomba=0;

static enum {INICIO=0,
             ESTADO_REPOSO,
             ENCIENDE_BOMBA,
             TEST_BOMBA,
             FALLO_BOMBA,
             LLENANDO_CALDERIN,
             BUCLE_CERRADO}
             SM_BOMBA=INICIO;

switch(SM_BOMBA){

case INICIO:
    SM_BOMBA=ESTADO_REPOSO;
    break;

case ESTADO_REPOSO:
    if(!SENSOR_CALDERIN_NIVEL_MINIMO &&
SENSOR_NIVEL_AGUA_DEPOSITO){
        SM_BOMBA=ENCIENDE_BOMBA;
        tiempo_local=tiempo_global;
    }
    break;

case ENCIENDE_BOMBA:
```

```
if( (tiempo_global-tiempo_local) > (int32)20 )
    SM_BOMBA=TEST_BOMBA;
break;

case TEST_BOMBA:
    if(SENSOR_BOMBA_ACTIVADA){
        SM_BOMBA=LLENANDO_CALDERIN;
        tiempo_local=tiempo_global;
        Numero_intentos_bomba=0;
    }

    else{
        SM_BOMBA=FALLO_BOMBA;
        tiempo_local=tiempo_global;
        Numero_intentos_bomba++;
    }
break;

case LLENANDO_CALDERIN:
    if(!SENSOR_BOMBA_ACTIVADA){
        SM_BOMBA=FALLO_BOMBA;

        tiempo_local=tiempo_global;
        Numero_intentos_bomba++;
    }
    else if(!SENSOR_NIVEL_AGUA_DEPOSITO || ((tiempo_global-tiempo_local)
    > TIEMPO_BOMBEO_AGUA_CALDERIN))
        SM_BOMBA=ESTADO_REPOSO;
break;

case FALLO_BOMBA:
    if(Numero_intentos_bomba>(NUMERO_REINTENTOS_FALLO-1))
        SM_BOMBA=BUCLE_CERRADO;
    else if( (tiempo_global-tiempo_local) > (int32)60 )
        SM_BOMBA=ESTADO_REPOSO;
```

```
break;

case BUCLE_CERRADO:
    return BOMBA_AVERIADA;
    break;
}

if(SM_BOMBA==ESTADO_REPOSO || SM_BOMBA==FALLO_BOMBA ||
SM_BOMBA==BUCLE_CERRADO)
    ACTIVACION_BOMBA = OFF;

if(SM_BOMBA==ENCIENDE_BOMBA || SM_BOMBA==TEST_BOMBA ||
SM_BOMBA==LLENANDO_CALDERIN)
    ACTIVACION_BOMBA = ON;

return SIN_AVERIA;
}

int8 GrafcetPresionCalderin(void){

static int32 tiempo_local=0;
static int32 tiempo_calderin_sin_agua=0;
static int8 Numero_intentos_calefactor=0;
static enum {INICIO=0,
            ESTADO_REPOSO,
            ENCIENDE_CALEFACTOR,
            TEST_CALEFACTOR,
            CALENTANDO_CALDERIN,
            FALLO_CALEFACTOR,
            BUCLE_CERRADO}
            SM_PRESION=INICIO;

static enum {GET_TIME=0,
            TEMPORIZA,
            REINICIA}
```

```
SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO = INICIO;
```

```
switch(SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO){
```

```
case GET_TIME:
```

```
    if(!SENSOR_CALDERIN_NIVEL_MINIMO){
```

```
        tiempo_calderin_sin_agua = tiempo_global;
```

```
        SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO = TEMPORIZA;
```

```
    }
```

```
    break;
```

```
case TEMPORIZA:
```

```
    if( (tiempo_global-tiempo_calderin_sin_agua) >  
(TIEMPO_BOMBEO_AGUA_CALDERIN+10) ){
```

```
        SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO = REINICIA;
```

```
    }
```

```
    break;
```

```
case REINICIA:
```

```
    if(SENSOR_CALDERIN_NIVEL_MINIMO)  
SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO = GET_TIME;
```

```
    break;
```

```
}
```

```
switch(SM_PRESION){
```

```
case INICIO:
```

```
    SM_PRESION=ESTADO_REPOSO;
```

```
    break;
```

```
case ESTADO_REPOSO:
```

```
    if(!SENSOR_PRESION){
```

```
        SM_PRESION=ENCIENDE_CALEFACTOR;
```

```
        tiempo_local=tiempo_global;
```

```
    }
```

```
break;
```

```
case ENCIENDE_CALEFACTOR:
```

```
    if( (tiempo_global-tiempo_local) > (int32)20 )
```

```
        SM_PRESSION=TEST_CALEFACTOR;
```

```
    break;
```

```
case TEST_CALEFACTOR:
```

```
    if(SENSOR_CALEFACTOR_ACTIVADO){
```

```
        SM_PRESSION=CALENTANDO_CALDERIN;
```

```
        tiempo_local=tiempo_global;
```

```
        Numero_intentos_calefactor=0;
```

```
    }
```

```
    else{
```

```
        SM_PRESSION=FALLO_CALEFACTOR;
```

```
        tiempo_local=tiempo_global;
```

```
        Numero_intentos_calefactor++;
```

```
    }
```

```
    break;
```

```
case CALENTANDO_CALDERIN:
```

```
    if(!SENSOR_CALEFACTOR_ACTIVADO){
```

```
        SM_PRESSION=FALLO_CALEFACTOR;
```

```
        tiempo_local=tiempo_global;
```

```
        Numero_intentos_calefactor++;
```

```
    }
```

```
    else if(SENSOR_PRESSION)
```

```
        SM_PRESSION=ESTADO_REPOSO;
```

```
    break;
```

```
case FALLO_CALEFACTOR:
```

```
    if(Numero_intentos_calefactor > (NUMERO_REINTENTOS_FALLO-1))
```

```
        SM_PRESSION=BUCLE_CERRADO;
```

```
    else if( (tiempo_global-tiempo_local) > (int32)60 )
```

```
        SM_PRESSION=ESTADO_REPOSO;
```

```
break;
```

```
case BUCLE_CERRADO:
```

```
    return CALEFACTOR_AVERIADO;
```

```
    break;
```

```
}
```

```
if(SM_PRESION==ENCIENDE_CALEFACTOR ||  
SM_PRESION==TEST_CALEFACTOR ||  
SM_PRESION==CALENTANDO_CALDERIN)
```

```
    ACTIVACION_CALEFACTOR=ON;
```

```
if(SM_PRESION==ESTADO_REPOSO ||  
SM_PRESION==FALLO_CALEFACTOR || SM_PRESION==BUCLE_CERRADO)
```

```
    ACTIVACION_CALEFACTOR=OFF;
```

```
return SIN_AVERIA;
```

```
}
```

```
void GrafcetLecturaAD(void){
```

```
    static enum {INICIA_LECTURA_CH0=0,
```

```
                 INICIA_LECTURA_CH1,
```

```
                 LECTURA_FINALIZADA_CH0,
```

```
                 LECTURA_FINALIZADA_CH1}
```

```
    SM_AD=INICIA_LECTURA_CH0;
```

```
switch(SM_AD){
```

```
case INICIA_LECTURA_CH0:
```

```
    set_adc_channel(0);
```

```
    delay_ms(21);
```

```
    read_adc(ADC_START_ONLY);
```

```
    SM_AD = LECTURA_FINALIZADA_CH0;
```

```
case LECTURA_FINALIZADA_CH0:
    if(adc_done()){
        TEMPERATURA_FIJADA = read_adc();
        SM_AD = INICIA_LECTURA_CH1;
    }
    break;

case INICIA_LECTURA_CH1:
    set_adc_channel(1);
    delay_ms(2);

    read_adc(ADC_START_ONLY);
    SM_AD = LECTURA_FINALIZADA_CH1;

case LECTURA_FINALIZADA_CH1:
    if(adc_done()){
        TEMPERATURA_LEIDA = read_adc();
        SM_AD = INICIA_LECTURA_CH0;

    }
    break;
    }

}

void ProcesosIndependientes(void){

    static int1 TOMAR_MUESTRA=1;

    if(SENSOR_CALEFACTOR_ACTIVADO){
        LED_CALEFACTOR_ON=ON;
        lcd_gotoxy(1,4);
        lcd_puts(CALEFACTOR_ON);
    }
    else{
```



```
LED_CALEFACTOR_ON=OFF;
lcd_gotoxy(1,4);
lcd_puts(CALEFACTOR_OFF);
}

if(SENSOR_NIVEL_AGUA_DEPOSITO){
    LED_DEPOSITO_OK=OFF;
    lcd_gotoxy(1,1);
    lcd_puts(NIVEL_AGUA_OK);
}

else{
    LED_DEPOSITO_OK=ON;

    lcd_gotoxy(1,1);

    lcd_puts(NIVEL_AGUA_FALTA);
}

if(SENSOR_PRESION){
    LED_PRESION_OK=ON;
    lcd_gotoxy(1,3);
    lcd_puts(PRESION_OK);
}
else{
    LED_PRESION_OK=OFF;
    lcd_gotoxy(1,3);
    lcd_puts(PRESION_BAJA);
}

if( TEMPERATURA_LEIDA > TEMPERATURA_FIJADA ){
    LED_TEMPERATURA=ON;
    lcd_gotoxy(1,2);
    lcd_puts(PLANCHAS_OK);
}
```

```
else{
    LED_TEMPERATURA=OFF;
    lcd_gotoxy(1,2);
    lcd_puts(PLANCHAFRIA);

}

}
```

////////// SUBROUTINA DE CONFIGURACION INICIAL //////////

```
void inicializa(void) {
```

```
    tiempo_global=0;
```

```
    set_tris_A(0b00000011);
```

```
    set_tris_C(0b00101111);
```

```
    set_tris_D(0b00000000);
```

```
    set_tris_E(0b00000000);
```

```
    ACTIVACION_BOMBA=OFF;
```

```
    ACTIVACION_CALEFACTOR=OFF;
```

```
    LED_SISTEMA_ACTIVADO=ON;
```

```
    LED_CALEFACTOR_ON=OFF;
```

```
    LED_DEPOSITO_OK=OFF;
```

```
    LED_PRESION_OK=OFF;
```

```
    LED_TEMPERATURA=OFF;
```

```
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //Activa el modulo conversor A/D
```

```
    setup_adc_ports( AN0_AN1_AN3 ); //Todos puerto A como entrada analógica
```

```
    setup_counters( RTCC_INTERNAL, RTCC_DIV_128 ); //61
```

```
enable_interrupts(INT_RTCC);  
enable_interrupts(GLOBAL);
```

```
set_adc_channel(0);
```

```
lcd_init();  
}
```

```
void lcd_puts(char *texto){
```

```
    int8 longitud_cadena,contador;
```

```
    for(longitud_cadena=0 ; texto[longitud_cadena] ; longitud_cadena++);
```

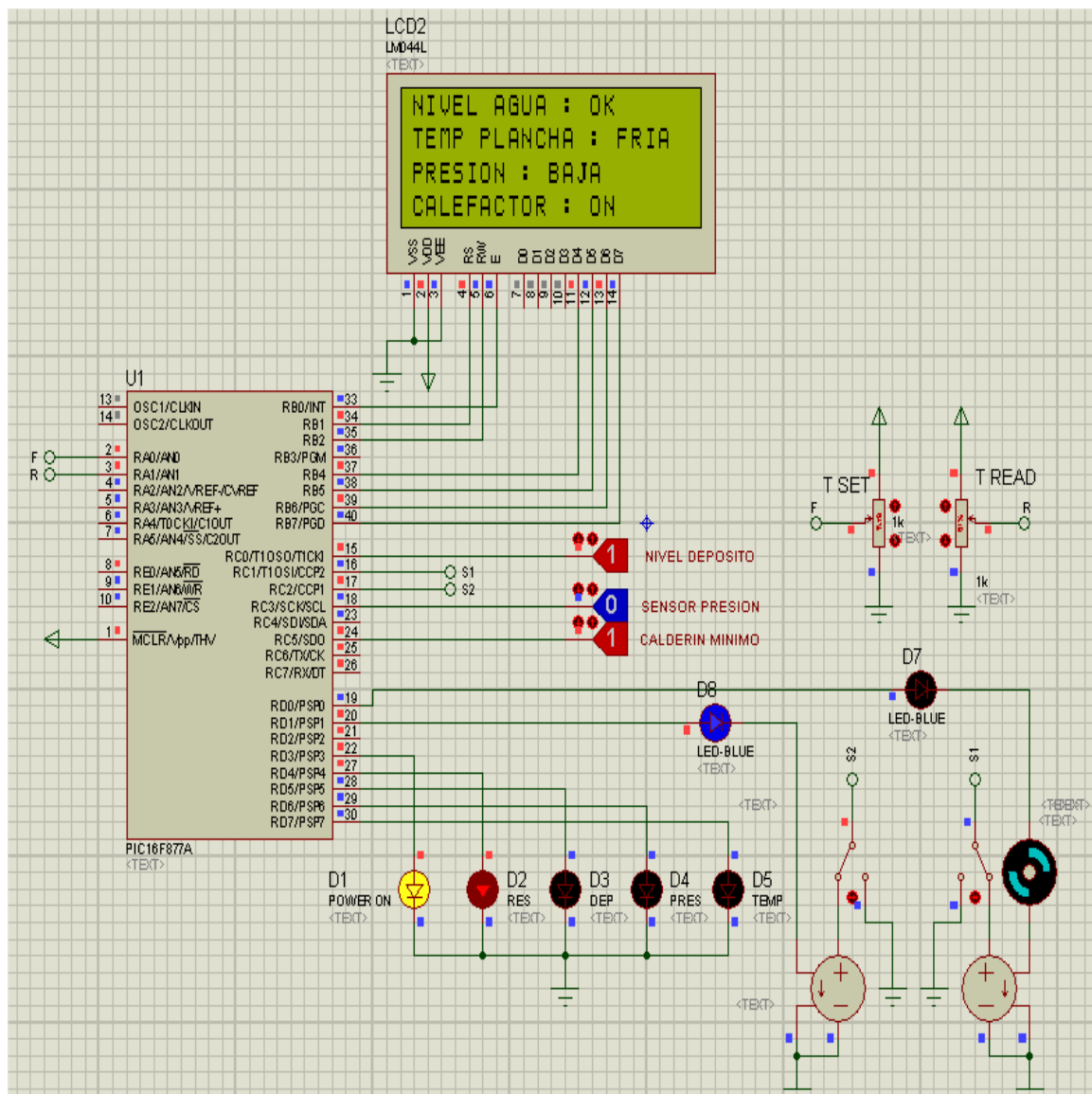
```
    for(contador=0 ; contador < longitud_cadena ; contador++)
```

```
        lcd_putc(texto[contador]);
```

```
    }
```

8.- SIMULACION.

A continuación se muestra una muestra de la simulación del sistema mostrando su correcto funcionamiento.



PRESUPUESTO

<u>COMPONENTE</u>	<u>TIPO</u>	<u>Nº COMPONENTES</u>	<u>PRECIO (UNIDAD)</u>	<u>PRECIO (EUROS)</u>
RESISTENCIAS		12		0.354
	10KΩ	3	0.04	0.12
	3.9kΩ	2	0.04	0.08
	330Ω	6	0.019	0.114
	180Ω	1	0.04	0.04
POTENCIOMETRO	100KΩ	1	0.23	0.23
CONDENSADORES		5		1.173
	10μF	1	0.53	0.53
	220μF	1	0.092	0.092
	680μF	1	0.265	0.265
	100nF	2	0.143	0.286
BOBINA	330μH	1	0.421	0.421
DIODOS		11		1.34
	LED	7	0.1	0.7
	1N5824	1	0.14	0.14

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

	1N4750	1	0.08	0.08
	MRA4007	2	0.21	0.42
RELE SOLIDO		2	6.18	12.36
REGULADORES		2		4.93
	LM7805	1	0.55	0.55
	LM2596	1	4.38	4.38
DRIVER	ULN2803	1	0.42	0.42
PIC	16F877	1	4.44	4.44
SENSOR TEMPERATURA	LM35	1	3.72	3.72
SENSOR NIVEL	LCS-01	2	26.14	52.28
SENSOR PRESION	DRUCK 10 BARES	1	32.64	32.64
LCD	LM044L	1	13.74	13.74
AMPLIFICADOR OPERACIONAL	LM139	1	0.541	0.541
OSCILADOR	TTL	1	1.57	1.57
BOMBA	SHURFLO 403	1	83.31	83.31
RESISTENCIA CALEFACTORA	RCE-016	1	10.4	10.4
PRECIO TOTAL				223.869€

BIBLIOGRAFIA

- Ramón Pallás Areny. Sensores y Acondicionamiento de Señal. Editorial Marcombo, 1998
- Daniel W. Hart, Electrónica de Potencia. Editorial Prentice-Hall, 2005
- Eduardo García Breijo. Compilador C CCS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC.
- Apuntes de la carrera

PAGINAS WEB

- www.rs-components.com
- www.forosdeelectronica.com
- www.todoexpertos.com
- <http://www.electronicaestudio.com/>
- <http://www.datasheetcatalog.com/>
- <http://electronica.webcindario.com/index.htm>